

**УДК 00.001**

## **НОВА МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЬ (НОВА SI)**

**Т.А. ПАЩЕНКО<sup>1</sup>, О.Є. ТВЕРИТНИКОВА<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>. *магістр, НТУ «ХПІ», м. Харків, УКРАЇНА*

<sup>2</sup>. *професор, д.і.н, НТУ «ХПІ», м. Харків, УКРАЇНА*

Передумовами створення міжнародної системи одиниць – SI, було підписання Метричної конвенції, що відбулося в 1875 р. При впровадженні Метричної системи було встановлено як основні одиниці, так і похідні одиниці, що знаходяться у простому зв'язку з основними. Наприкінці 1990-х рр. було запропоновано сконцентруватися на пошуках, пов'язаних із визначенням маси через фундаментальні константи, маючи за мету майбутнє перевизначення кілограма, що базується на квантових ефектах [1]. У 2018 р. відбулася визначна подія в світовій метрології – кардинальна реформа Міжнародної системи одиниць SI і введення в дію Нової SI.

Основними недоліками попередньої SI, було визначення кілограма через масу артефакту з усіма недоліками такого стану, а також протиріччя між визначенням ампера в SI і методами реалізації його і інших електричних одиниць в метрологічній практиці. Ці недоліки, а також прагнення визначити всі основні одиниці через ФФС, як константи природи, стали головними передумовами реформи SI (2018 р.).

Однією з особливостей реформи було визначення всіх основних одиниць в неявному вигляді, через сталі, що підкреслювало опору Нової SI на еталони природи. При цьому всі сім основних одиниць і їх розміри залишилися незмінними. Для секунди, метра і кандели змінилося лише формулювання, що ніяк не вплинуло на їх суть і методи відтворення, а от для кілограма, ампера, кельвіна і моля, ситуація принципово змінилася.

**Кілограм.** Для нього було запропоновано два формулювання явного визначення кілограма, але обидва варіанти приводять до однакових результатів.

У першому з них (кг-1a) еквівалентна енергія тіла масою 1 кг прирівнюється до енергії деякого числа фотонів. В другому (кг-1b) значення “комптонівської частоти” (частоти де Бройля-Комптона) присвоюється тілу масою в 1 кг. Обидва визначення базуються на фіксації сталої Планка і тому розмір кілограма встановлений через фіксацію точного чисельного значення сталої Планка  $6,626\ 068\ 96 \times 10^{-34}$  Дж с або м<sup>2</sup> кг.

**Ампер.** Амперу було дано досить пряме визначення, яке зв'язує ампер з точним значенням  $e$ , розмір встановлено через фіксацію точного чисельного значення елементарного заряду, що дорівнює точно  $1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$  Кл, або с А,

**Кельвін.** У цьому визначенні слід звернути увагу на слова “точно на  $1,380\ 650\ 5 \times 10^{-23}$  Дж”. Автори ввели слово “точно” для узгодження з іншим

визначенням. Оскільки в цьому визначенні сказано, що  $k(1K) = 1,3806505 \cdot 10^{-23}$  Дж, з цього виразу було одержано значення сталої Больцмана  $k = 1,3806505 \cdot 10^{-23}$  Дж·К<sup>-1</sup>.

**Моль.** У визначенні моля точно вказано вид структурних елементів. Це можуть бути атоми, молекули, іони, електрони, інші частинки або точно визначені групи частинок. Розмір встановлено через фіксацію чисельного значення сталої Авогадро, що дорівнює точно  $6,022\,14 \times 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

**Секунда.** За визначенням нової SI це одиниця часу така, що надтонке розщеплення атому цезія-133 в основному стану,  $\nu_{cs} = 9192631770$  Гц;

оскільки  $1 \text{ Гц} = \text{с}^{-1}$ , одержуємо  $1 \text{ с} = 9192631770 / \nu$ ,

**Метр.** Одиниця довжини така, що швидкість світла у вакуумі  $c_0 = 299\,792\,458 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , тоді  $1 \text{ м} = (c_0 \cdot 1 \text{ с}) / 299792458$ , тобто визначення метра в новій SI є однозначним і адекватним діючому. Воно також вказує на принцип відтворення метра: через швидкість і частоту (період) світлової хвилі

**Кандела.** Відповідно до нового визначення це сила світла в заданому напрямку така, що спектральна сила світла для монохромного випромінення частотою  $540 \cdot 10^{12}$  Гц дорівнює  $K(\lambda_{555}) = 683 \text{ лм/Вт}$ , або  $683 \text{ кд ср м}^{-2} \text{ кг}^{-2} \text{ с}^3$ . Тоді  $1 \text{ кд} = K(\lambda_{555}) / 683 \text{ Вт/ср}$ , що є адекватним діючому в SI визначенню. До переваг нової системи можна віднести те що, всі основні одиниці визначені через сталі, вони є більш зрозумілими, однозначними і вказують шлях реалізації відповідних одиниць [2; 3].

Перевизначення одиниць показує, що вони мають безумовно позитивні результати:

- для електричних вимірювань, оскільки підвищується точність і взаємоузгодженість одиниць, а також ліквідується дуалізм – паралельне існування практичних одиниць і одиниць SI,
- для вимірювань маси і пов'язаних з нею величин, оскільки усувається артефакт – прототип кілограма,
- для квантової фізики і науки в цілому, оскільки ряд сталих набувають точних значень, знижується невизначеність інших сталих і зв'язку між ними,
- очікуються також позитивні наслідки перевизначення кельвіна, хоча вони не так очевидні.

### Список літератури:

1. Неєжмаков П.І. До нової міжнародної системи одиниць: перспективи перевизначення і практична реалізація одиниці маси – кілограма. Український метрологічний журнал. 2012. № 3. С. 3–8
2. Павленко Ю.Ф. і ін. Т.В. Дроздова. Вступ до квантової метрології. Частина 2. Елементи квантової фізики. Практичні заняття: посібник, Харків: ФОП Мезіна В.В., 2019. 120 с.
3. Павленко Ю.Ф. і ін. Вступ до квантової метрології. Навчальний посібник для студ. вищ. навч. закладів / за ред. Ю. Ф. Павленка. Х.: Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ». 117 с.